CONCOURS NATIONAL COMMUN D'ADMISSION AUX GRANDES ECOLES D'INGENIEURS MAROCAINES

SESSION 2009

FILIERE : MP

EPREUVE DE SCIENCES INDUSTRIELLES POUR L'INGENIEUR

DUREE : 4 HEURES

Composition du sujet

Le sujet comporte 27 pages, dont :

- **19 pages de texte ;**
- **2 documents annexes ;**
- **6 documents-réponses, à rendre obligatoirement à la fin de l'épreuve.**

AUCUN DOCUMENT SUPPLEMENTAIRE N'EST AUTORISE
CALCULATRICES AUTORISEES

Les SEPT parties constituant le sujet peuvent être traitées indépendamment.

Une rédaction soignée, une écriture lisible et des résultats encadrés seront appréciés par les correcteurs.

Si au cours de l'épreuve le candidat repère ce qui lui semble une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en mentionnant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre

APPAREIL DE SPORT

PRESENTATION :

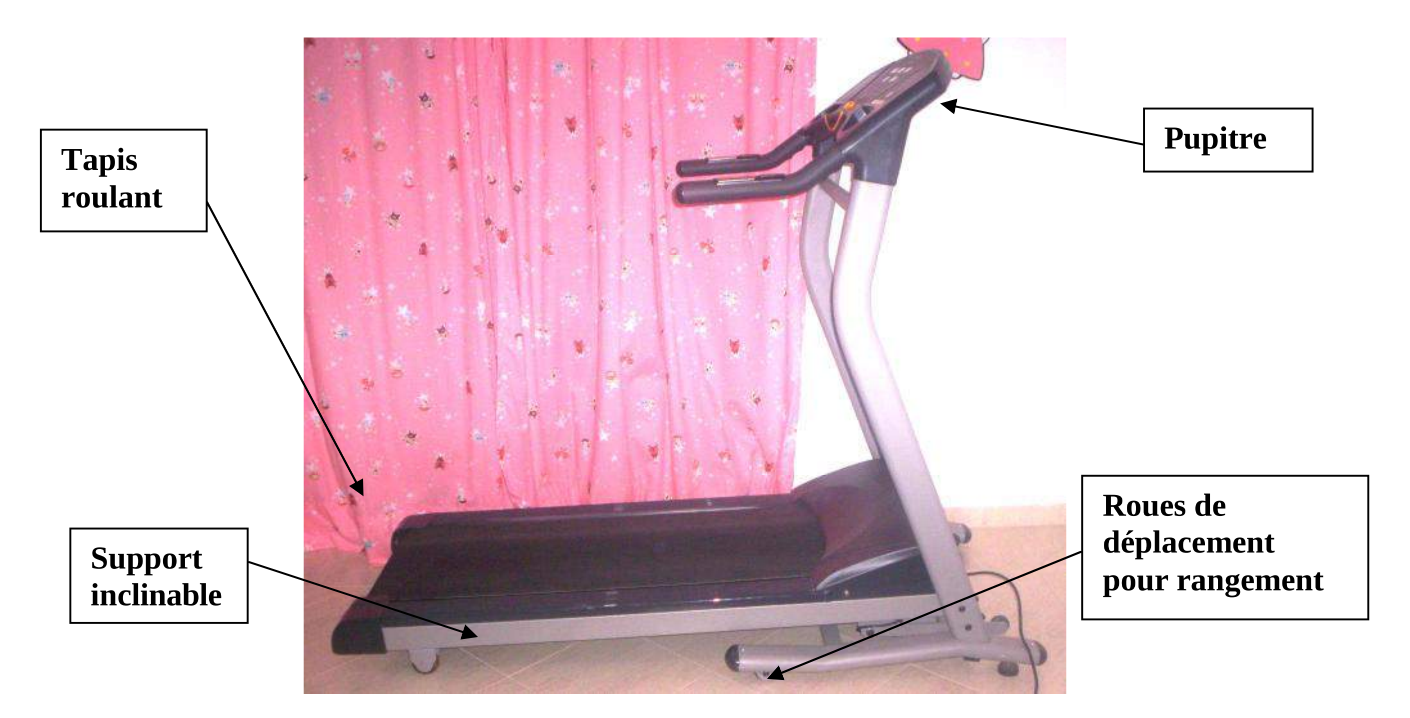


Photo 1 : Appareil de sport

L'appareil, objet de notre étude, fait partie des équipements des établissements de fitness et des domiciles pour un usage personnel.
Il permet à un utilisateur de réaliser une séance de sport.
Son tapis roulant, dont la vitesse linéaire de déplacement peut varier, à volonté, entre 0 et 12 km/h, est monté sur un support inclinable verticalement.



Photo 2 : support (inclinaison minimale)



Photo 3 : support (inclinaison maximale)

La vitesse du tapis ainsi que l'inclinaison de son support, peuvent être sélectionnées selon deux modes :

- **Mode 1** : sélection directe de la vitesse et/ou de l'inclinaison dans une gamme proposée (évolution continue) ;
- **Mode 2** : incrémentation - décrémentation de la vitesse et/ou de l'inclinaison avec un pas de 0.1 km/h pour la vitesse et de 1° pour l'inclinaison.

Photo 4 : Pupitre de l'appareil

Gamme des vitesses

Gamme des inclinaisons

Incrémentation / décrémentation de la vitesse

Incrémentation / décrémentation de l'inclinaison

PARTIE A : ETUDE FONCTIONNELLE (ANNEXES 1 ET 2 : PAGES 20 - 21)

En se référant à la description fournie et aux **documents annexes 1 et 2**, répondre aux questions suivantes :

Question 1: ***a)*** *Compléter le diagramme SADT niveau A-0 du document- réponse* **1** *;*

b) *Compléter la diagramme SADT niveau A0 du document- réponse* **1** *;*

c) *Compléter le diagramme FAST du document- réponse* **2**.

PARTIE B : ETUDE STATIQUE DU CONTACT « APPAREIL – SOL »

Le contact entre l'appareil et le sol est réalisé grâce à deux galets et deux pieds (Les roues de déplacement qu'on distingue sur la **photo 1**, ne sont pas en contact avec le sol).



Photo 5 : galet



Photo 6 : pied

Notre étude vise à déterminer le coefficient de frottement minimal à assurer dans le contact « Appareil – Sol », pour éviter tout glissement sur le sol lors de sa mise en service.
On se placera dans le plan de symétrie vertical de l'appareil.
Le contact « Appareil - Sol » est modélisé par le schéma de la **figure 1**.

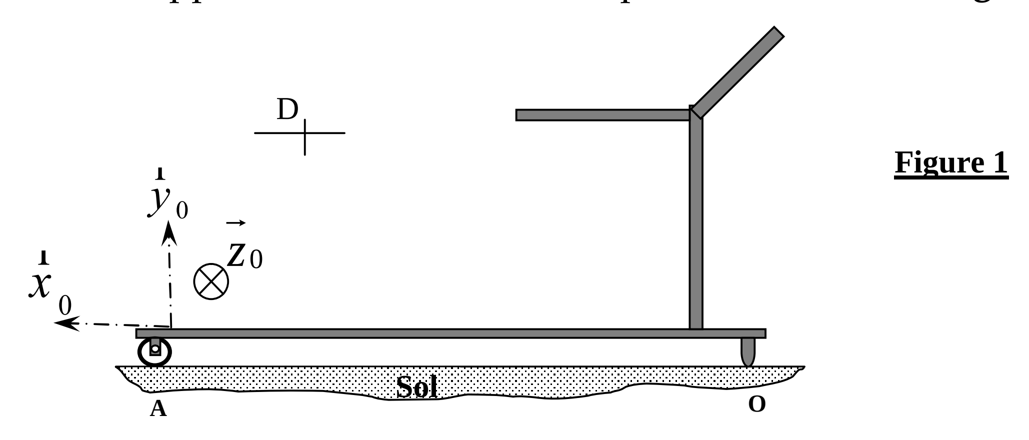


Figure 1

Données et hypothèses de l'étude :

- Le support est supposé horizontal.
- L'effort exercé par l'utilisateur sur l'appareil est modélisé, au point D, par le glisseur : $\vec{F} = 80\vec{x}_0 - 700\,\vec{y}_0$ (En **N**)
- Le poids de l'appareil est $\vec{P} = -400\,\vec{y}_0$ $(En\ N)$, passant par le point D ;
- Le contact en A est supposé parfait, celui en O est avec frottement.
- On notera la force en A du sol sur appareil : $\vec{A}$ et celle en O : $\vec{O}$

Les tracés et les commentaires sont à reporter sur le document-réponse 3.

Question 2 : *Etudier graphiquement l'équilibre de l'appareil :*

- *évaluer le coefficient de frottement minimal f, nécessaire au contact en O, pour assurer la stabilité de l'appareil sur le sol.*
- *Donner les modules des actions en A et en O.*

Indication *:* le candidat pourra déterminer, graphiquement, la résultante, au point D, des forces données, afin de ramener le problème à l'étude de l'équilibre sous l'action de trois forces coplanaires.

PARTIE C : MECANISME DE RANGEMENT DE L'APPAREIL

Après exploitation, l'utilisateur pourra plier puis verrouiller l'appareil pour diminuer son volume de rangement.



Photo 7 : appareil en cours de pli



Photo 8 : appareil plié et rangé

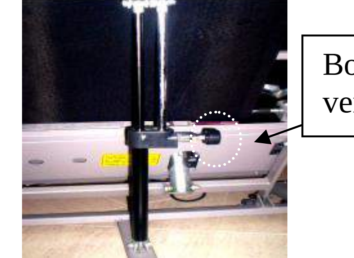
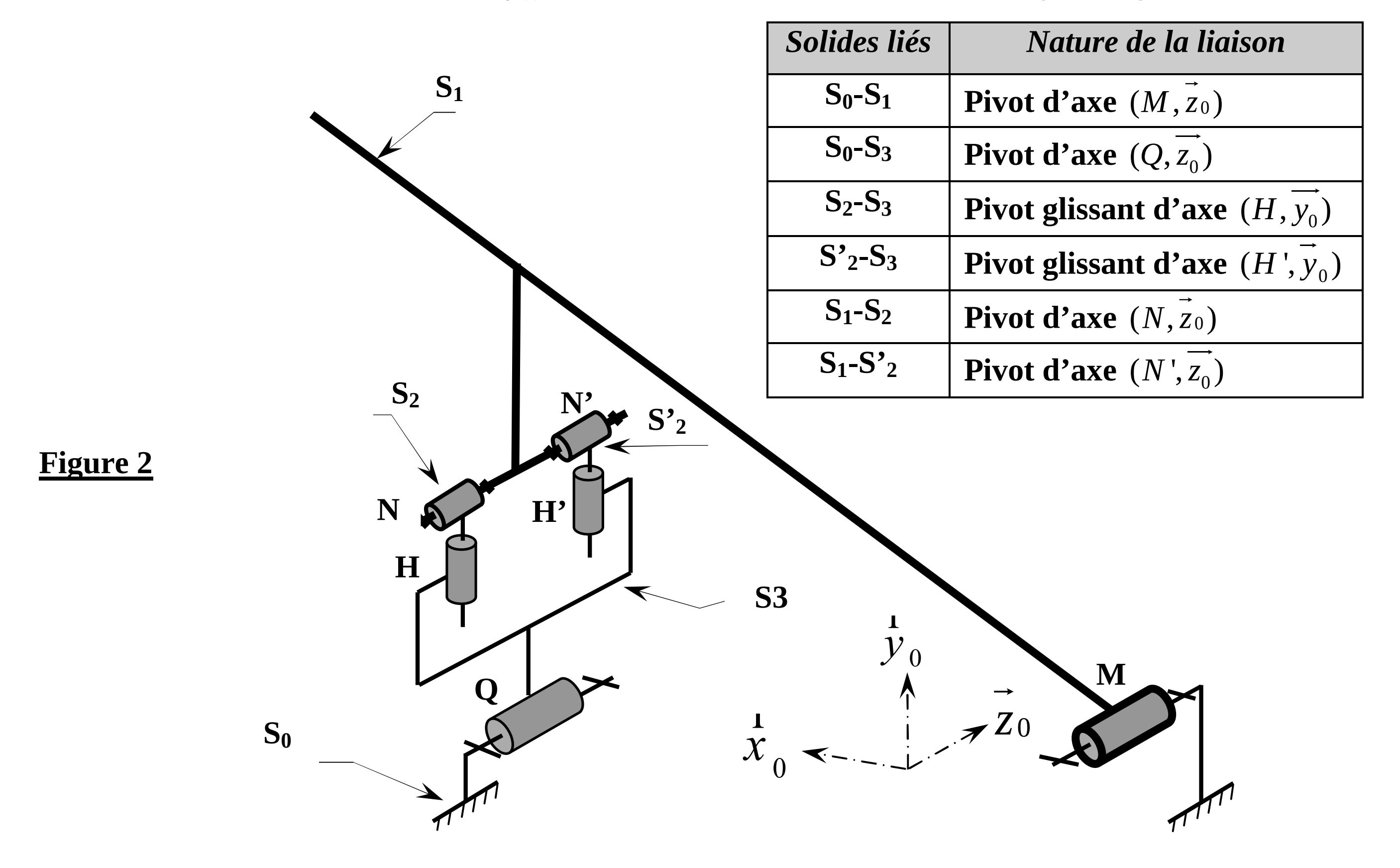


Photo 9 : Mécanisme de guidage

Lors de cette opération manuelle, l'opérateur fait tourner le bloc pivotant en le relevant de son extrémité.
Le bloc est guidé par le mécanisme représenté sur la **photo 9**, et dont le schéma cinématique est représenté sur la **figure 2**.
Nous nous intéresserons dans la suite à l'étude d'<u>hyperstatisme</u> et <u>statique</u> de ce mécanisme.

<u>Etude d'hyperstatisme du mécanisme de guidage</u> :

Solides liés	*Nature de la liaison*
S_0-S_1	**Pivot d'axe** $(M, \vec{z}_0)$
S_0-S_3	**Pivot d'axe** $(Q, \vec{z}_0)$
S_2-S_3	**Pivot glissant d'axe** $(H, \vec{y}_0)$
S'_2-S_3	**Pivot glissant d'axe** $(H', \vec{y}_0)$
S_1-S_2	**Pivot d'axe** $(N, \vec{z}_0)$
S_1-S'_2	**Pivot d'axe** $(N', \vec{z}_0)$



<u>Figure 2</u>

Question 3 :

- **a)** *Dresser le schéma de structure du mécanisme de guidage ;*
- **b)** *Sachant que : m_u=1, Evaluer le degré d'hyperstatisme h ;*
- **c)** *Après avoir remplacé la liaison en N par sphérique (rotule) et celle en N' par sphère cylindre (linéaire annulaire), réévaluer le degré d'hyperstatisme ;*
- **d)** *Quel est l'avantage d'une telle solution ?*

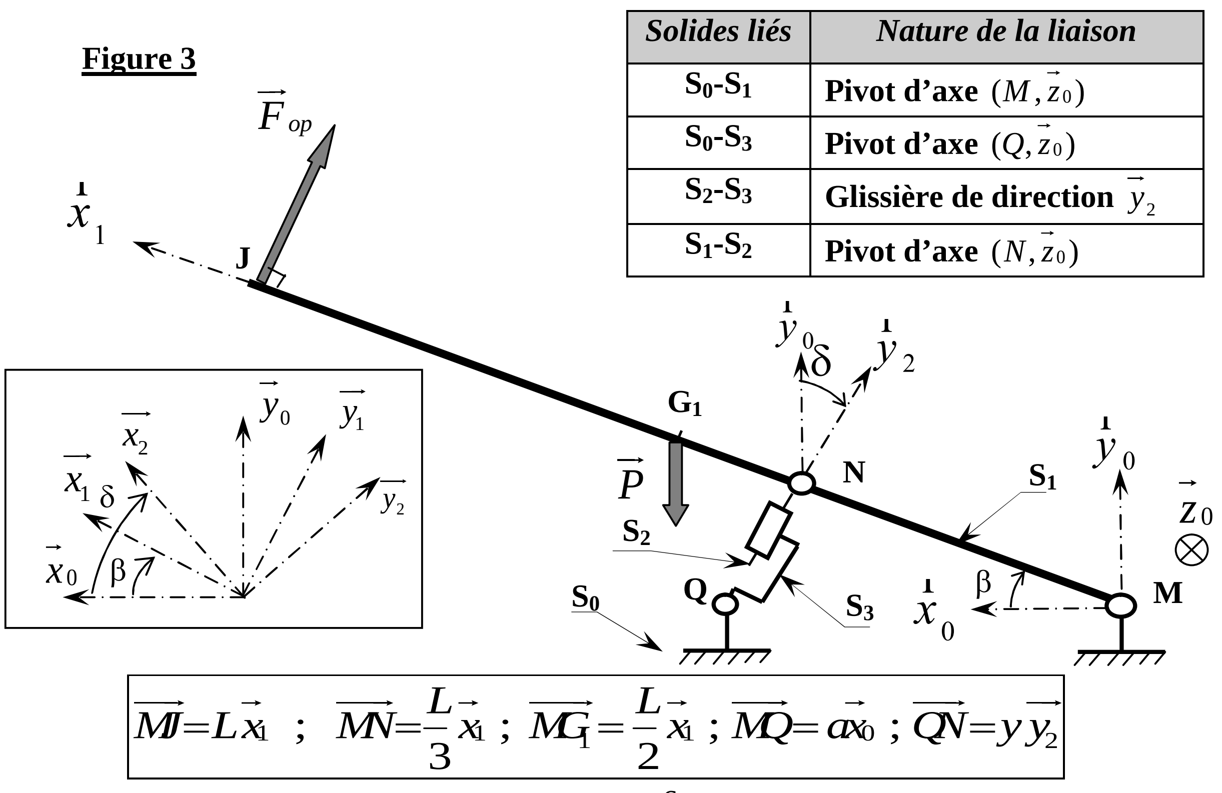
Etude statique du mécanisme de guidage :

L'objet de l'étude est la détermination des efforts dans la liaison au point M entre S_1 et S_0 pour son dimensionnement éventuel.



Photo 10 : liaison pivot S_0-S_1

Pour des raisons de symétrie, l'étude sera effectuée dans le plan $(M,\vec{x}_0,\vec{y}_0)$, plan médian de l'appareil.
Le schéma cinématique plan simplifié, est celui de la **figure 3**.



Solides liés	*Nature de la liaison*
S_0-S_1	Pivot d'axe $(M,\vec{z}_0)$
S_0-S_3	Pivot d'axe $(Q,\vec{z}_0)$
S_2-S_3	Glissière de direction $\vec{y}_2$
S_1-S_2	Pivot d'axe $(N,\vec{z}_0)$

$$\overrightarrow{MJ}=L\vec{x}_1 \;;\; \overrightarrow{MN}=\frac{L}{3}\vec{x}_1 \;;\; \overrightarrow{MG_1}=\frac{L}{2}\vec{x}_1 \;;\; \overrightarrow{MQ}=a\vec{x}_0 \;;\; \overrightarrow{QN}=y\,\vec{y}_2$$

Données et hypothèses de l'étude :

- Le mécanisme est au repos ; avec β *et* δ sont des données constantes ;
- L'effort exercé par l'opérateur est de module F_{op} ;
- Le poids du bloc pivotant S_1 est $\vec{P}$. Son centre de gravité est G_1.
- Les poids des autres éléments sont négligés ;
- Toutes les liaisons sont parfaites ;

N.B : le mécanisme est plan, par conséquent le torseur statique de la liaison L_{ij} réalisée entre les solide S_i et S_j lorsque cette liaison est pivot sera noté sous la forme :

$$\{i \to j\} = \begin{Bmatrix} \vec{R}_{i/j} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{A_{ij}} = \begin{Bmatrix} X_{ij} & 0 \\ Y_{ij} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(A_{ij},\ \vec{x}_0,\ \vec{y}_0,\ \vec{z}_0)}$$

A_{ij} : centre de la liaison L_{ij}.

Question 4 :

a) *Dresser le schéma d'analyse du mécanisme ;*

b) *Isoler l'ensemble $E = (S_2 + S_3)$, et en déduire :*

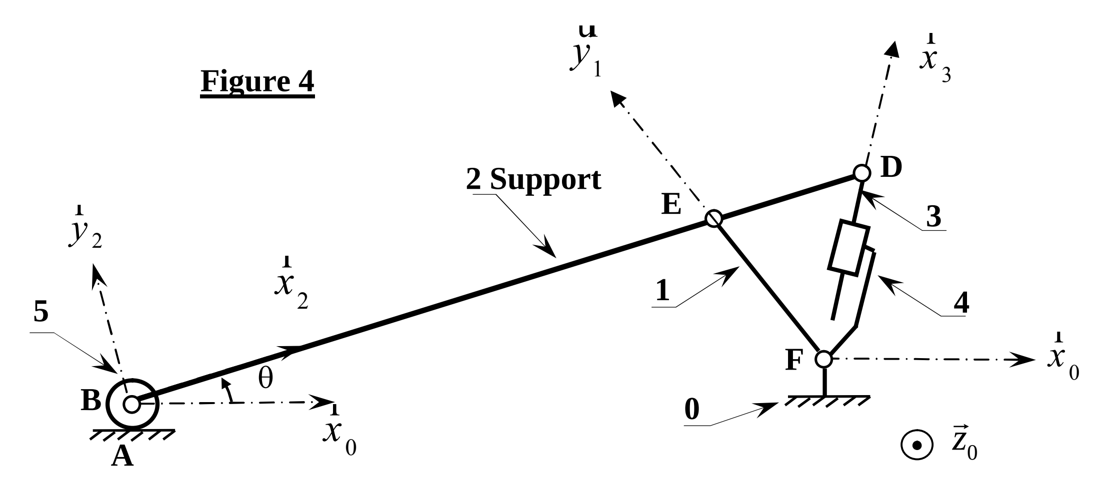
- *La direction de la force* $\vec{R}_{1/2}$;
- *La relation entre* X_{12} , Y_{12} *et* δ ;

c) *Isoler S_1 et écrire les 3 équations scalaires qui découlent du P.F.S (Réduire les torseurs au point M) ;*
Peut-on déterminer en fonction des données, les inconnues statiques de la liaison L_{01} ? Justifier.

PARTIE D : MECANISME D'INCLINAISON DU SUPPORT

Pour simuler la montée de l'utilisateur dans une pente, le constructeur a placé le tapis roulant de l'appareil sur un support inclinable verticalement (**Photos 2 et 3**).

L'angle d'inclinaison est θ .Dans toute la suite, On considèrera que : $5^\circ \leq \theta \leq 20^\circ$.
Le mécanisme d'inclinaison du support est modélisé par le schéma cinématique plan de la **figure 4**.



Solides liés	Nature de la liaison	Solides liés	Nature de la liaison
0-1	**Pivot d'axe** $(F,\vec{z_0})$ **,**	**2-3**	**Pivot d'axe** $(D,\vec{z_0})$
0- 4	**Pivot d'axe,** $(F,\vec{z_0})$	**2-5**	**Pivot d'axe** $(B,\vec{z_0})$
1-2	**Pivot d'axe** $(E,\vec{z_0})$	**0-5**	**Sphère-plan de normale** $(A,\vec{y_0})$
3-4	**Glissière de direction** $\vec{x}_3$		

Notre étude portera sur le comportement cinématique et dynamique de ce mécanisme en mode 1.

Etude cinématique :

Le support 2 est supposé entraîner en mouvement grâce à un vérin (3+4).

On souhaite déterminer, graphiquement, la vitesse $\vec{V}_{(B\in 2/0)}$ lorsque le système est dans la position du **document réponse 4**.

Données et hypothèses de l'étude :

- 5 reste en contact avec le sol au point A ;
- $\vec{V}_{(D\in 3/4)} = -20\,\vec{x}_3$ (en mm.mn^{-1}) ;

Les tracés et les commentaires sont à reporter sur le document-réponse 4.

Question 5 :

a) *Montrer que :* $\vec{V}(E\in 1/0) = \vec{V}(E\in 2/0)$ et $\vec{V}(D\in 2/0) = \vec{V}(D\in 3/0)$

b) *Donner les supports des vitesses :* $\vec{V}(B\in 2/0)$ et $\vec{V}(E\in 1/0)$,

c) *En déduire :*

-le C.I .R du mouvement de 2 par rapport à 0 (ce point sera noté ***I20****) ;*

- *Le support de la vitesse :* $\vec{V}(D\in 2/0)$.

d) *Ecrire la relation liant les vecteurs vitesses en indiquant leurs supports :* $\vec{V}(D\in 3/0)$, $\vec{V}(D\in 3/4)$ et $\vec{V}(D\in 4/0)$;

Déterminer, alors le module de : $\vec{V}(D\in 2/0)$;

e) *En déduire le module de :* $\vec{V}(B\in 2/0)$.

Etude dynamique :

Dans cette partie, on souhaite dimensionner l'actionneur d'inclinaison du support.

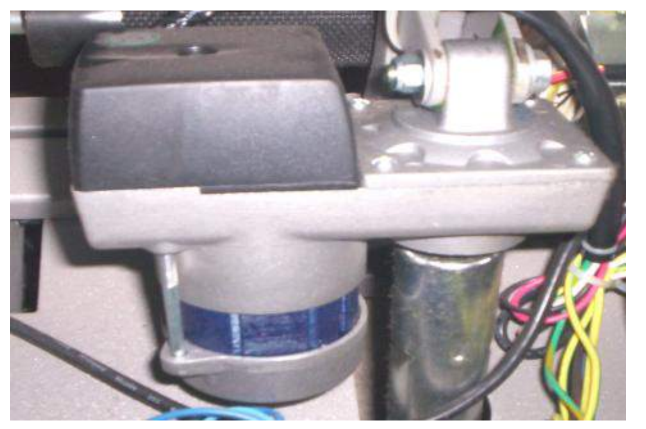
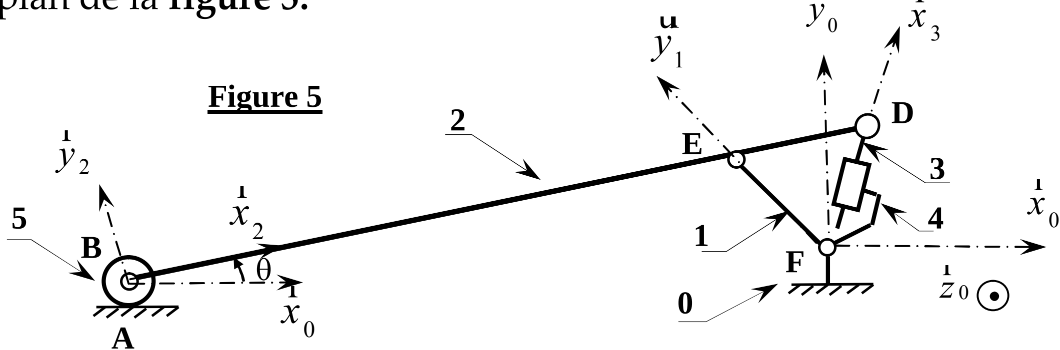


Photo 11 : actionneur d'inclinaison du support

Le mécanisme d'inclinaison du support est modélisé par le schéma paramétré plan de la **figure 5.**

Figure 5



$$\overrightarrow{FB}.\vec{x}_0 = x\ ;\ \overrightarrow{FD} = y\,\vec{x}_3$$

Modélisation du support inclinable :

Le support 2, assimilé au solide représenté sur les **figures 6 et 7**, est constitué de :

- **Plateau** : assimilé à une plaque rectangulaire et homogène, de normale $(B,\vec{y}_2)$ de masse **M** **M_P** et de centre d'inertie **G_P**.

- **<u>Moteur d'entraînement du tapis</u>** : assimilé à un cylindre plein et homogène ,longueur **h** , rayon **r** , de masse **Mm** et de centre d'inertie **G m** . *Ce moteur est à l'arrêt lors de cette étude* ; On donne :

$$\vec{BK} = L_2\vec{x}_2 - (\frac{H}{2} - h)\vec{z}_0$$

- La masse des autres constituants du support inclinable sera négligée.

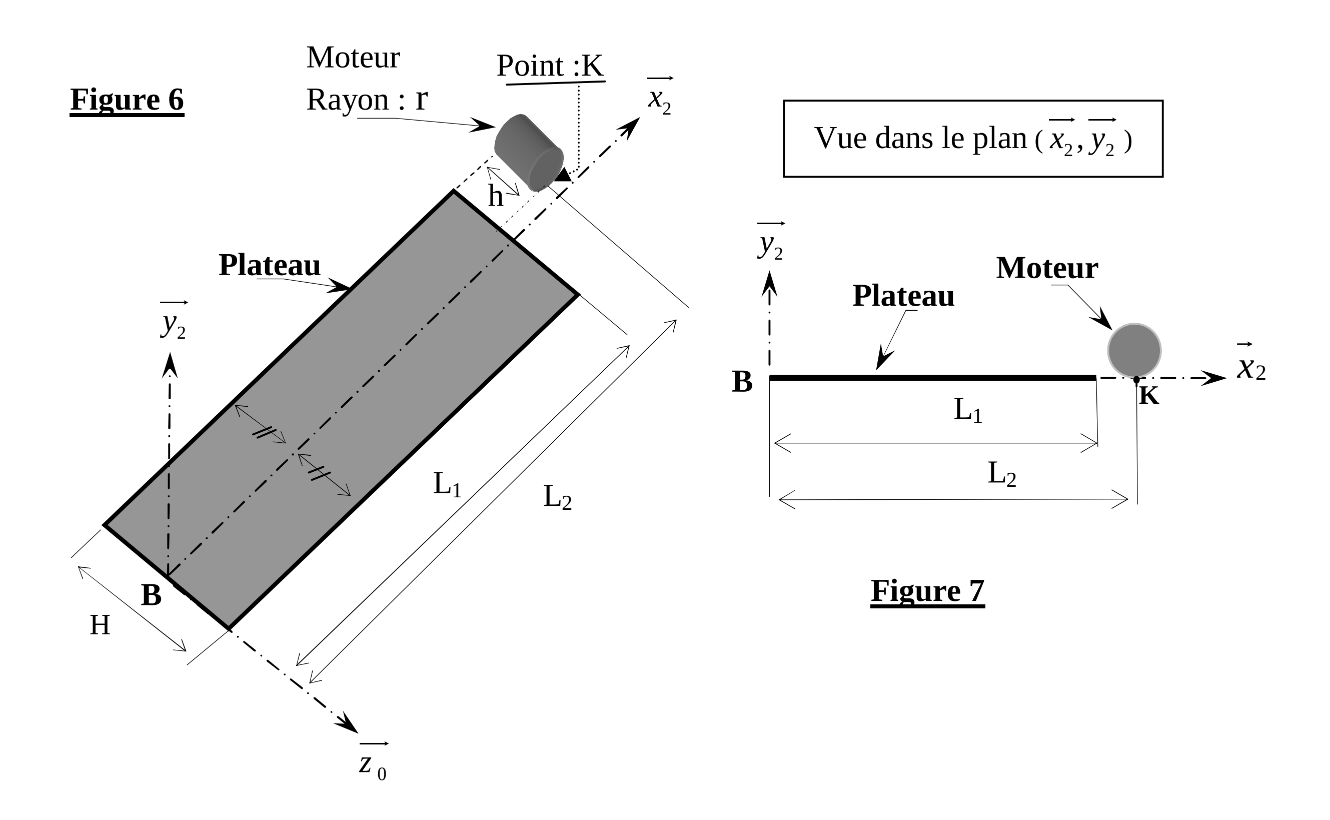


Figure 7

Question 6 : *Déterminer, en fonction des données, les coordonnées du centre de gravité G du support, dans le repère* $(B, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$.

Question 7 :

a) *Donner* $I_{P/Bz}$ *: moment d'inertie du plateau par rapport à l'axe* $(B, \vec{z}_0)$ *;*

b) *Donner* $I_{2/Bz}$ *: moment d'inertie du support 2 par rapport à l'axe* $(B, \vec{z}_0)$ *en fonction de* M_p *,* M_m *,* L_1 *,* L_2 *, et* r *.*

<u>Etude dynamique du support inclinable</u> :

Le schéma cinématique est celui de la **figure 5 de la page 9**.

Données et hypothèses de l'étude :

- Le support inclinable est chargé (Utilisateur au dessus du tapis) ;
- Le moteur d'entraînement du tapis est à l'arrêt. L'utilisateur est supposé immobile par rapport au support ;
- Toutes les liaisons sont parfaites et roulement sans glissement en A ;
- G_S : centre de gravité de l'ensemble S = {Support + Utilisateur} qui, pour des raisons de simplification, sera défini par : $\overrightarrow{BG_S} = a\vec{x}_2$; a : constante.

  M_S : masse de S ;
- Les masses et inerties des autres éléments sont négligées ;
- Le moment d'inertie de S par rapport à l'axe $(B,\vec{z}_0)$ sera noté : $\mathbf{I}_S$;
- L'actionneur (act.) de translation, dont la masse est négligée, est monté entre 4 et 3,

  On donne : $\{Act. \rightarrow 3\} = \begin{Bmatrix} F_m \vec{x}_3 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_D$.
- Le repère $R_0(F,\vec{x}_0,\vec{y}_0,\vec{z}_0)$ lié au bâti 0 est galiléen, et $\vec{y}_0$ vertical ascendant.

Pour les questions suivantes, les résultats seront exprimés en fonctions <u>des données, des paramètres dépendants</u> x, y, θ et <u>de leurs dérivées.</u>

Question 8 :

a) *Dresser le schéma d'analyse du mécanisme (Remplacer le solide 2 par S) ;*

b) *Déterminer l'énergie cinétique galiléenne de l'ensemble* $\Sigma = \{S, 5, 4, 3, 1\}$ *;*

c) *Déterminer :*

-la puissance galiléenne des actions mécaniques extérieures à l'ensemble Σ *;*

- la puissance interne à Σ *;*

d) *Appliquer le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble* Σ *, et déduire l'expression de l'effort* F_m *. (*Ne pas expliciter le terme $\frac{dT_{(\Sigma/R0)}}{dt}$ *).*

En réalité, l'actionneur de translation est un moto-réducteur, associé à un système vis-écrou, qui agit directement sur le solide 3.

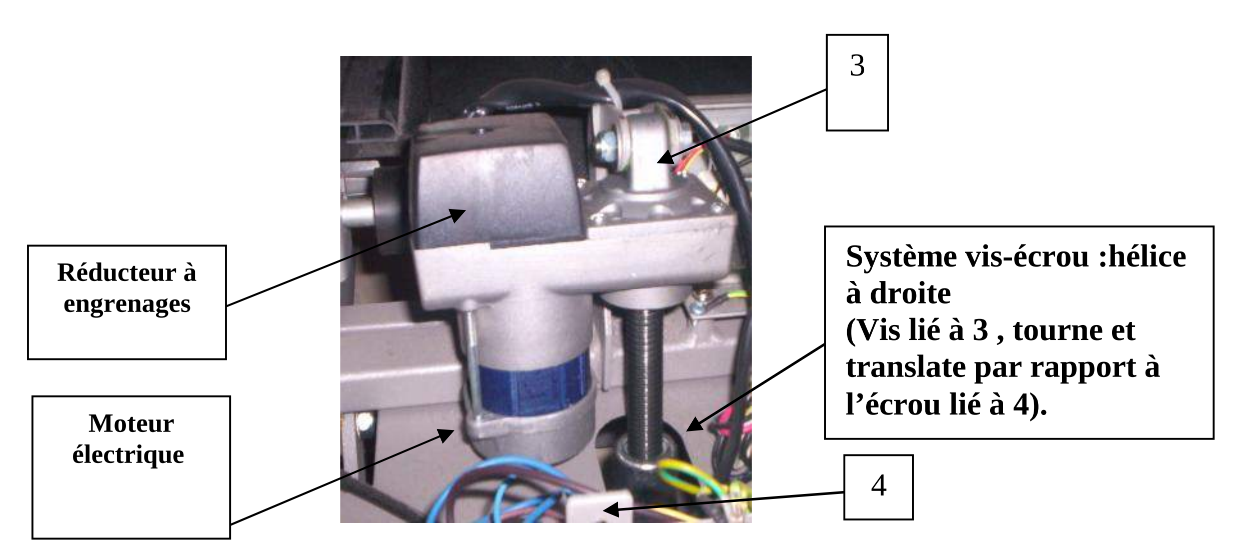


Photo 12 : constituants de l'actionneur de translation

La transmission de puissance se fait selon le schéma de la **figure 8** :

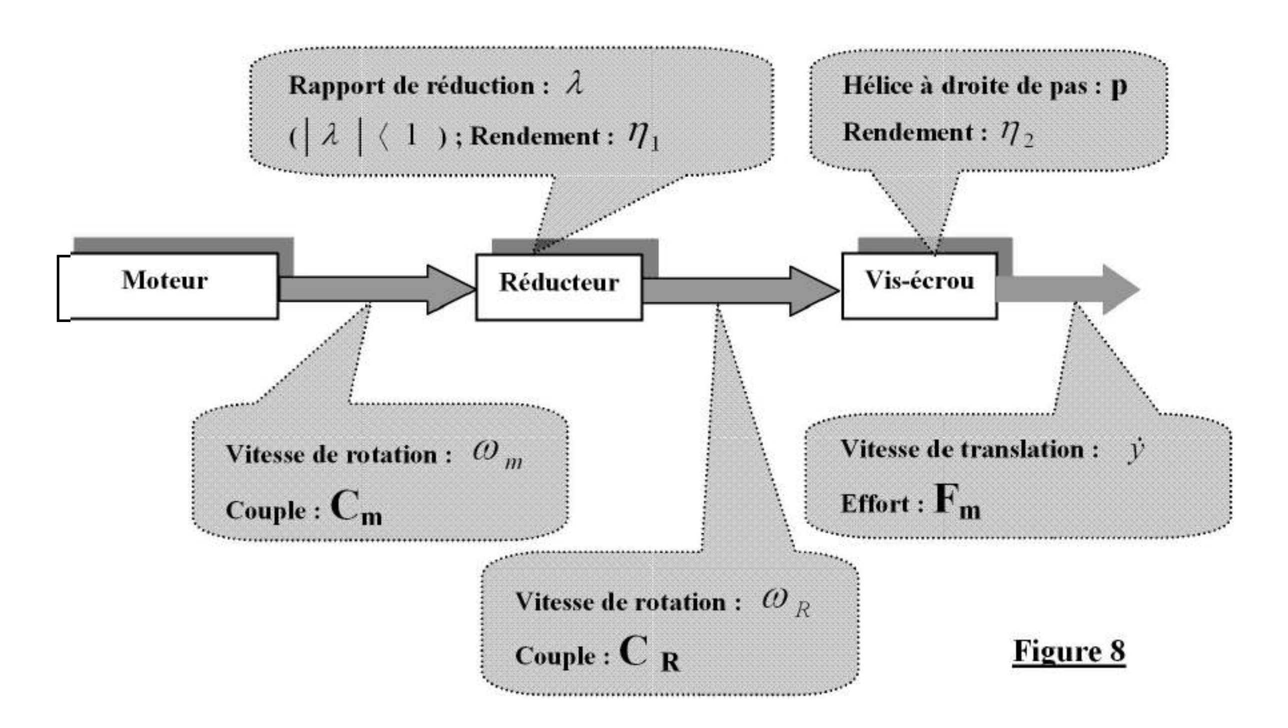


Figure 8

Question 9 : ***a)*** *Exprimer* ω_m *en fonction de* $\dot{y}$, λ *et* p *;*

b) *Donner, alors, le couple moteur* $\mathbf{C}_m$ *en fonction de* λ *,* p*,* F_m *,* η_1 *et* η_2*.*

PARTIE E : ETUDE SEQUENTIELLE DU COMPTEUR D'INCLINAISON

L'utilisateur sélectionne la position d'inclinaison souhaitée en appuyant sur le bouton '' **UP** '' pour augmenter l'angle d'inclinaison du support, et sur le bouton '' **DOWN** '' pour le diminuer.
L'angle d'inclinaison du support varie entre 5° et 20° avec un pas de 1°.
L'afficheur d'inclinaison (**Afficheur 6 , annexe 1**) indique la position d'inclinaison à l'utilisateur selon une échelle de 0 à 15 et avec un pas de 1.
L'indice de position 0 correspond à une inclinaison de 5° et l'indice 15 correspond à 20°.
L'incrémentation/Décrémentation du compteur d'affichage de l'inclinaison du support est décrite par le modèle GRAFCET de la **figure 9** :

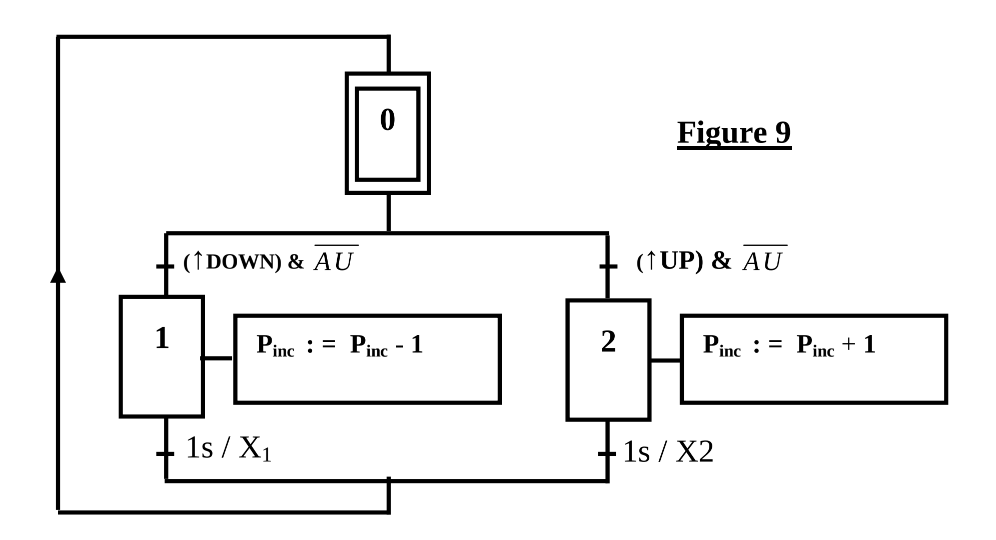


Figure 9

P_{inc} *: indice de position d'inclinaison ;*
AU : Clé de sécurité, qui peut être branchée (AU=0) ou débranchée (AU=1) .
Rappels : -(V : = **a**) veut dire qu'on affecte la valeur **a** à la variable V.

- **Xi** : Variable affectée à l'étape (i).(**Xi**=1 , si l'étape (i) est active , 0 sinon).
- La variable [1s / **Xi**] =1 si la durée de l'activation de l'étape (i) a atteint 1s, 0 sinon.

Répondre sur le document-réponse 5.

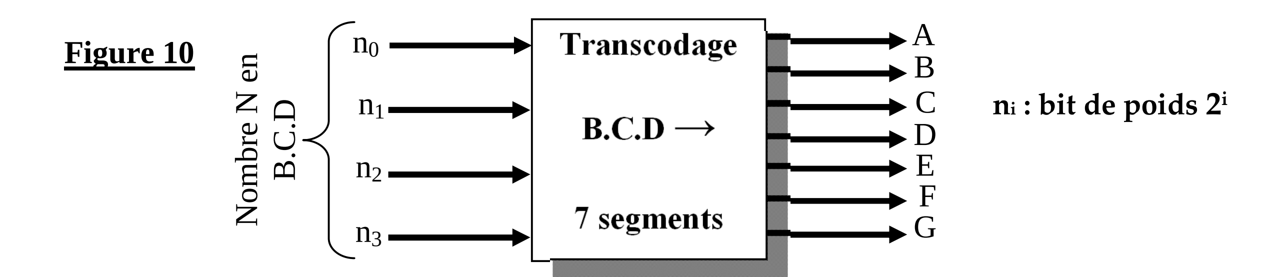
Question 10 :	***a)*** *Compléter : le chronogramme et le tableau du document-réponse 5 ;* ***b)*** *Modifier le GRAFCET pour que le comportement du compteur intègre toutes les conditions suivantes :* ▪ *Remise à zéro du compteur dés l'activation de l'**AU** (clé de sécurité débranchée) ou dés que l'on appuie sur le bouton '' **STOP** '' ;* ▪ *N'incrémenter que si P_{inc} est inférieure strictement à 15 ;* ▪ *Ne décrémenter que si P_{inc} est supérieure strictement à 0.*

PARTIE F : ETUDE DE LA FONCTION « *AFFICHER LES DONNEES* »

Les afficheurs, permettant de transmettre les différentes informations à l'utilisateur, sont du type : **Afficheurs 7 segments**.
Chaque afficheur transcode un nombre N (Compris entre 0 et 9) à partir de sa représentation B.C.D, selon le mode de la **figure 10** :

(Rappel : Le B.C.D est un code qui associe à chacun des dix chiffres usuels 0, 1, …9 un code constitué par une suite ordonnée de 4 chiffres binaires (n_3, n_2, n_1, n_0), qui est tout simplement l'écriture en binaire naturel du nombre représenté par le chiffre à coder *)*

Figure 10



On donne, sur la **figure 11** ci-dessous, le repérage des sept segments de l'afficheur, et on convient d'associer la valeur 1 au segment qui doit être allumé, et la valeur 0 à celui qui devra être éteint.



Photo 13 : afficheurs du pupitre

Figure 11



Question 11 :

Sur le document-réponse 6 :

Compléter les tableaux de Karnaugh des segments A et E, puis trouver leurs équations logiques simplifiées ;(les cases ne correspondant pas à un chiffre décimal doivent être exploitées, au choix : 0 ou 1).

PARTIE G : COMMANDE DU MOTEUR D'ENTRAINEMENT DU TAPIS

La translation du tapis est obtenue grâce à un moteur électrique, qui entraîne en rotation, via un réducteur à poulies-courroie, le tambour qui déplace le tapis.

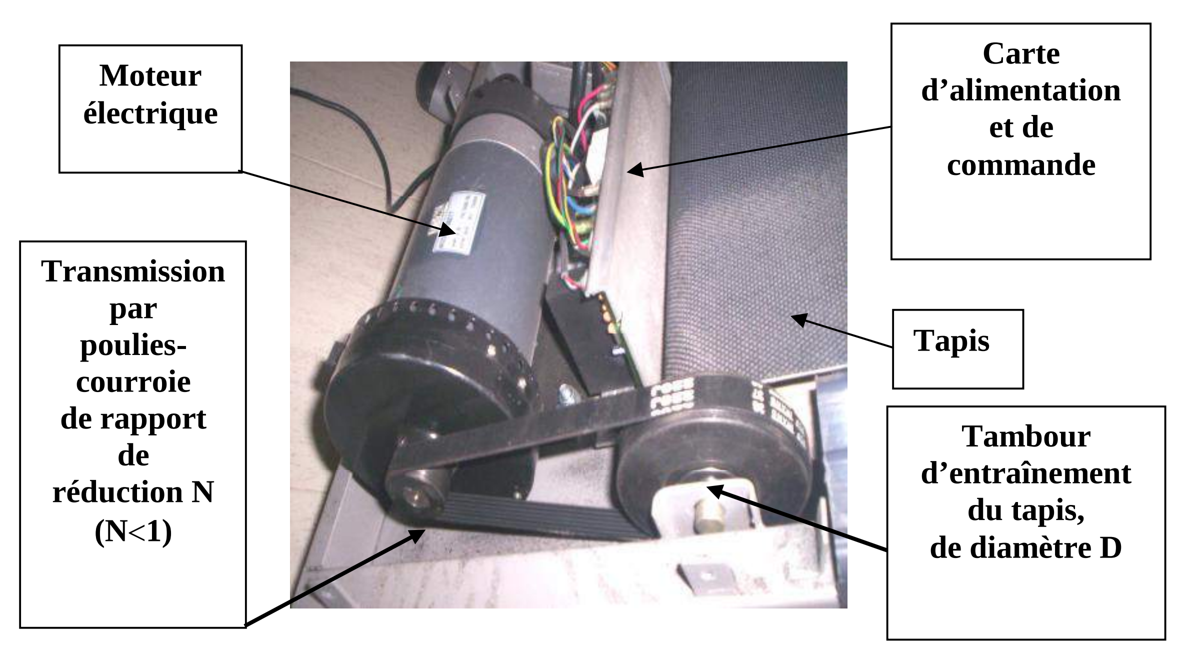
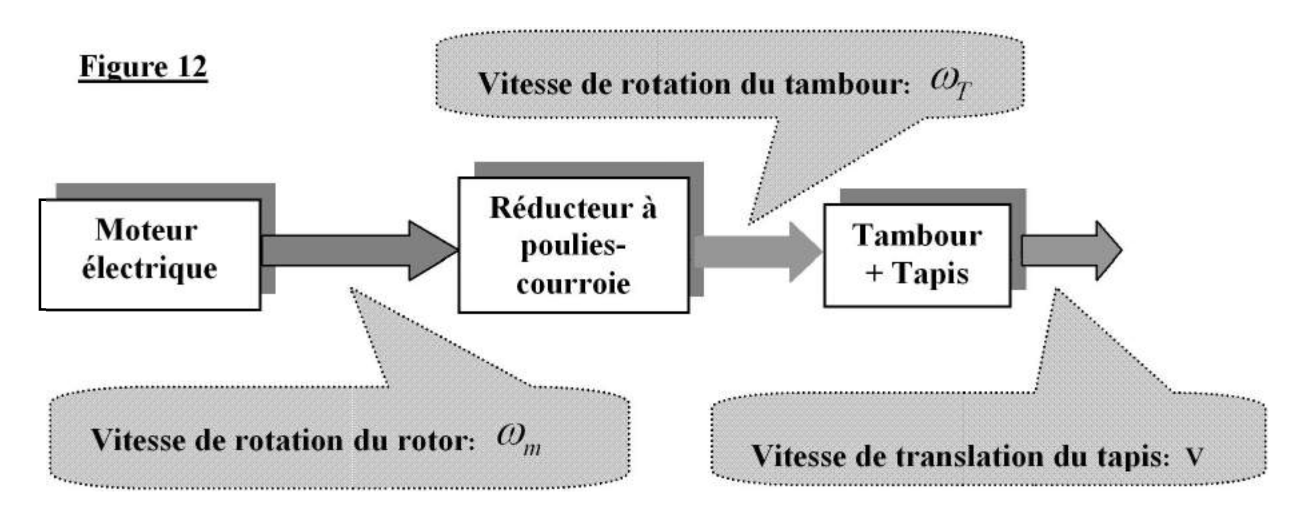


Photo 14 : mise en translation du tapis

La transmission de mouvement se fait selon le schéma de la **figure 12** :

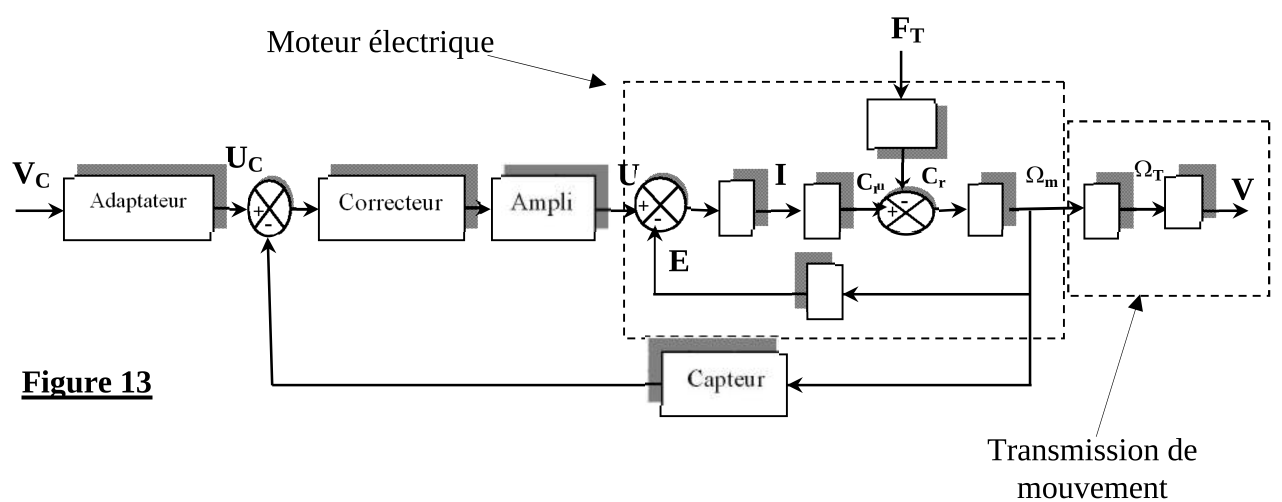


Asservissement en vitesse du tapis :

Dans cette étude, on souhaite régler le gain de l'amplificateur, avec un choix fixé du correcteur de l'asservissement pour satisfaire les exigences du cahier des charges suivantes :

- Temps de réponse minimal ;
- Aucun dépassement de la consigne n'est autorisé ;
- Insensibilité aux perturbations ;
- Stabilité assurée (MP > 45° et MG > 12 dB).

L'asservissement de vitesse du tapis est représenté par le schéma de la **figure 13** :



V_C : vitesse de consigne ;

U_C : tension d'entrée (en V);

F_T : effort tangentiel résistant appliqué sur le tapis et qui résulte du contact ''Opérateur-Tapis''.

Le modèle simplifié du fonctionnement du moteur est décrit par les quatre équations suivantes :

$$u(t) = R.i(t) + e(t) \quad \textbf{(1)}$$

u(t) : tension de commande du moteur ;

i(t) : courant consommé ;

R : résistance de l'induit ;

e(t) : force contre-électromotrice.

$$C_m(t) - C_r(t) = j \,.\frac{d\omega_m(t)}{dt} \quad \textbf{(2)}$$

Cm(t) : couple moteur ;

Cr(t) : couple résistant ramené sur le rotor, résultant de l'effort tangentiel résistant perturbateur **F_T** ; avec : $C_r(t) = \frac{N.D}{2}.F_T(t)$

j : moment d'inertie équivalent ramené sur le rotor.

$$C_m(t) = K_m\,.i(t) \quad (3)$$

$$e(t) = K_m\,.\omega_m(t) \quad (4)$$

<u>**Notation**</u> **: La transformée de Laplace d'une grandeur physique f(t) est F(p) et peut-être notée aussi : F .**

Question 12 :

a) *La transmission de mouvement est supposée sans glissement. Déterminer la relation entre :*

- $V(t)$ et $\omega_T(t)$;
- $\omega_T(t)$ et $\omega_m(t)$.

b) *Les gains de l'adaptateur, du capteur et de l'amplificateur sont : K_A, K_C et K successivement :*

Compléter le schéma bloc du document-réponse **6** *;*

c) *Transformer ce schéma bloc pour le mettre sous la forme de celui de la figure 14. Identifier, ensuite, chacune des fonctions de transfert $H_i(p)$ pour $i \in \{1,2,3,4,5\}$;*

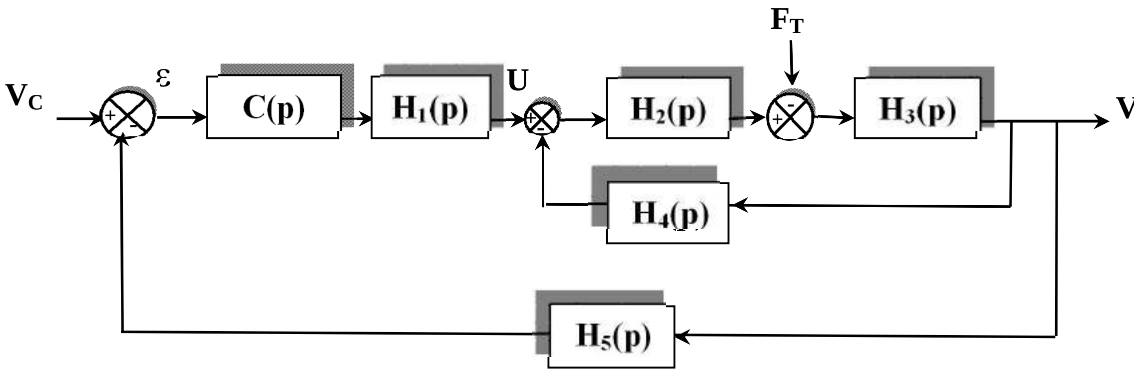


Figure 14

Dans la suite de l'épreuve, on donne :

$H_1(p) = K_1$	$H_4(p) = K_4$	$H_5(p) = K_5$
$H_2(p) = K_2$	$H_3(p) = \frac{K_3}{P}$	$C(p) = \frac{1}{p}$

On pose : $V(p) = V_c(p).H_e(p) - F_T(p).H_{per}(p)$; (e : entrée ; per : perturbation)

Question 13 :

a) *On suppose que $K_5 = 1$; Donner :*

-la fonction de transfert de la commande en boucle fermée, vis-à-vis de la consigne ***V_C(t)** : $H_e(p)$;*

*-la fonction de transfert de la commande en boucle fermée, vis-à-vis de la perturbation **F_T(t)** : $H_{per}(p)$;*

b) *Justifier que si l'asservissement est suffisamment stable vis-à-vis de la consigne, alors il l'est vis-à-vis de la perturbation ;*

c) *L'effort **F_T (t)** est constant et égal à F_0. Calculer, en régime permanent l'erreur statique de vitesse causée par cette perturbation : $\varepsilon_{per}(t)$ lorsque $(t \to \infty)$*

d) *Le choix du correcteur **C(p)** est-il compatible avec les exigences du cahier des charges ? Expliquer.*

Dans la suite :

-On s'intéresse au comportement de l'asservissement vis-à-vis de la consigne V_C. On annule donc la perturbation ($\mathbf{F_T} = 0$).

-La fonction de transfert du moteur est notée : $H_m(p) = \dfrac{K_m}{1+\tau_m p}$

<u>Le schéma bloc de l'asservissement est, donc, celui de la figure 15 :</u>

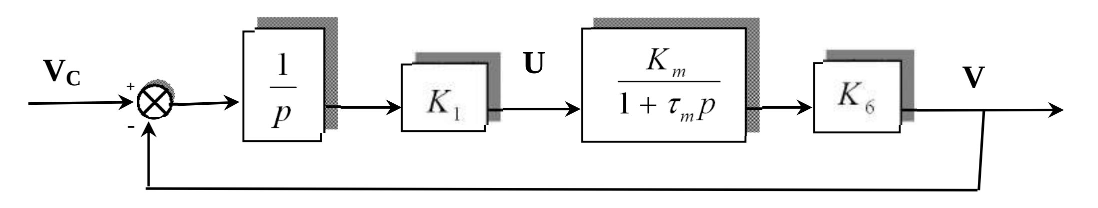


Figure 15

Question 14 :

a) *Déterminer la fonction de transfert en boucle ouverte,* $H_{BO(p)}$*, de l'asservissement, et donner ses caractéristiques (ordre, classe et gain* $\mathbf{K_{BO}}$*) ;*

b) *Pour une entrée échelon unitaire, que serait l'erreur statique en régime permanent* (ε_s) *de l'asservissement ? Justifier ;*

c) *Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée :* $H_{BF(p)}$ *;*

d) *L'asservissement est-il stable ?*

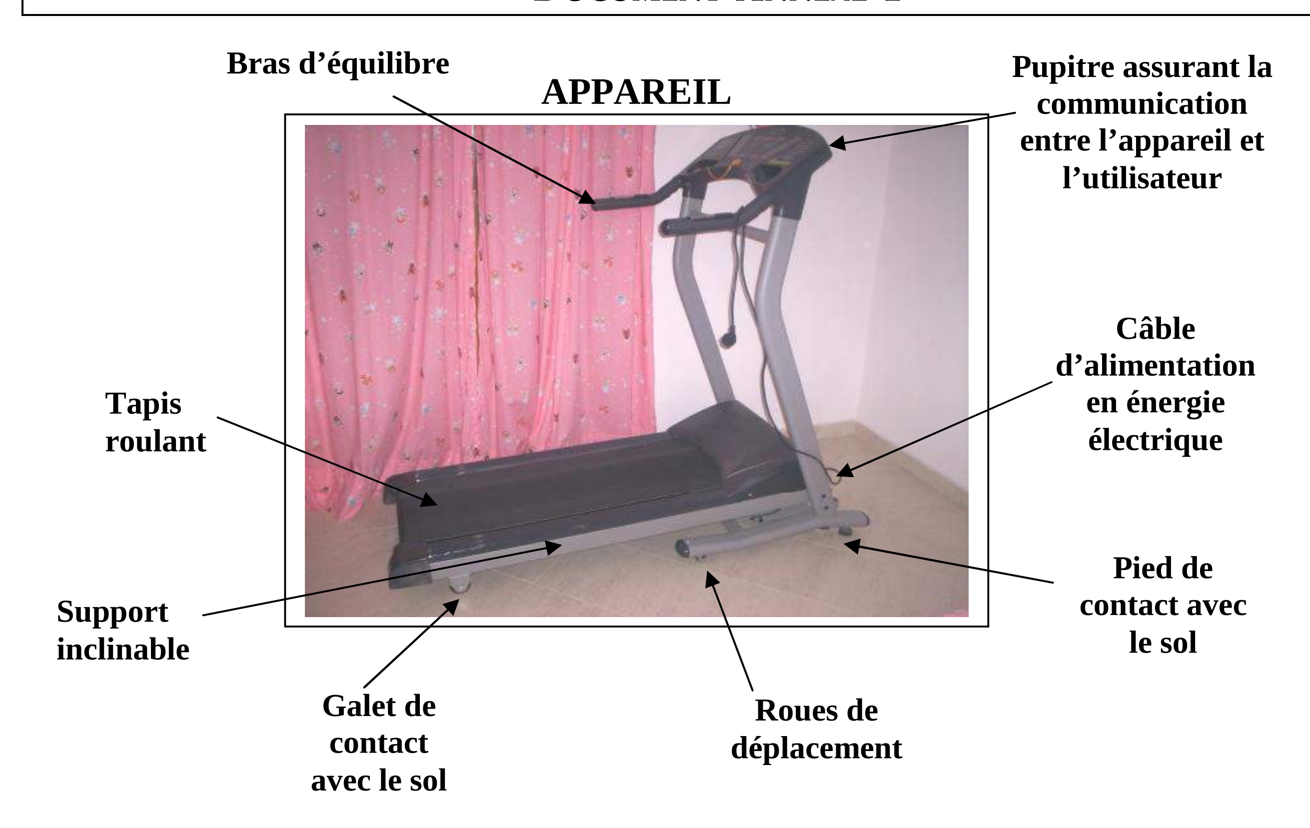
e) *Que devra être la relation entre le gain de la boucle ouverte,* $\mathbf{K_{BO}}$*, et* τ_m *pour que l'asservissement soit rapide mais sans dépassement de la consigne.*

f) *Pour* $\tau_m = 10^{-2}$ s *, évaluer la marge de phase MP et la marge de gain MG de l'asservissement ;*

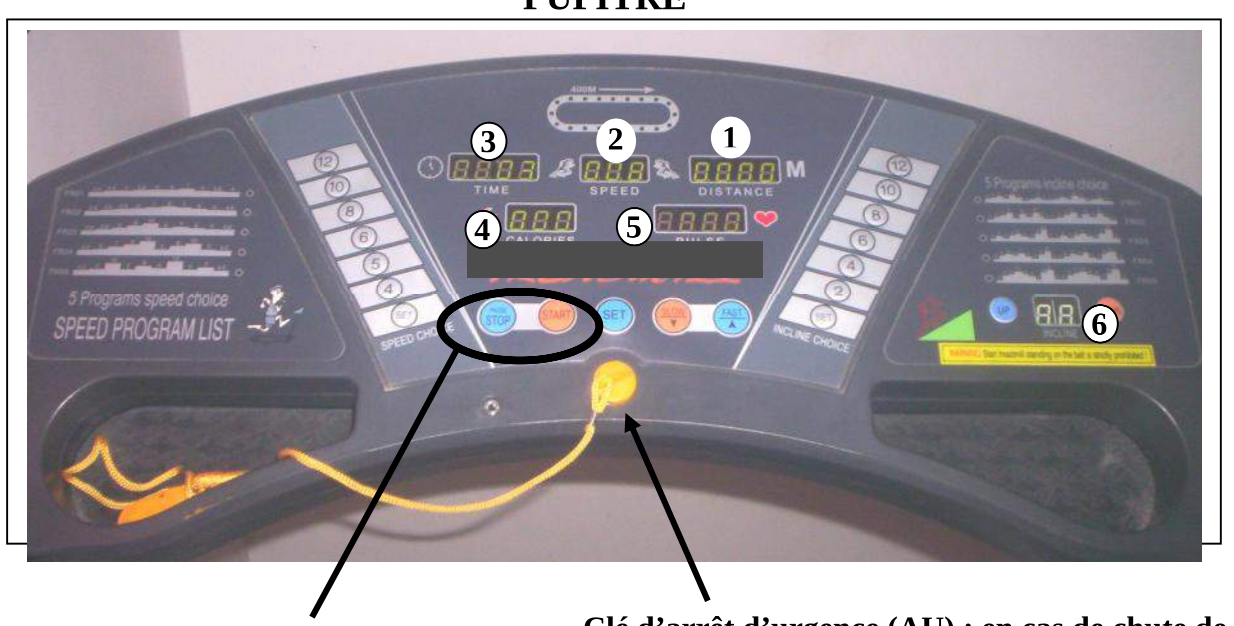
g) *Conclure quant au respect des exigences du cahier des charges.*

<u>Fin de l'énoncé</u>

DOCUMENT-ANNEXE 1



PUPITRE



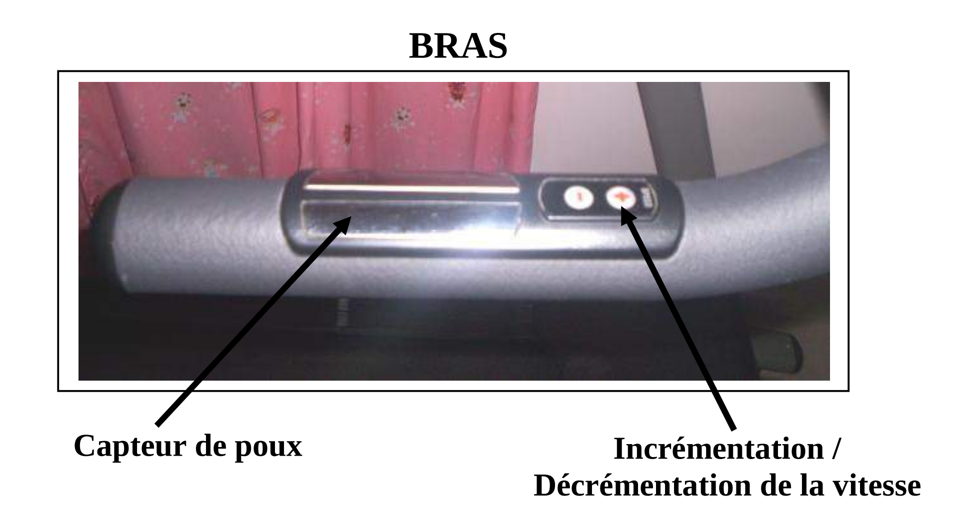
Boutons M/A : mise en marche et arrêt de l'appareil

Clé d'arrêt d'urgence (AU) : en cas de chute de l'utilisateur, la clé est débranchée et le tapis roulant s'arrête instantanément

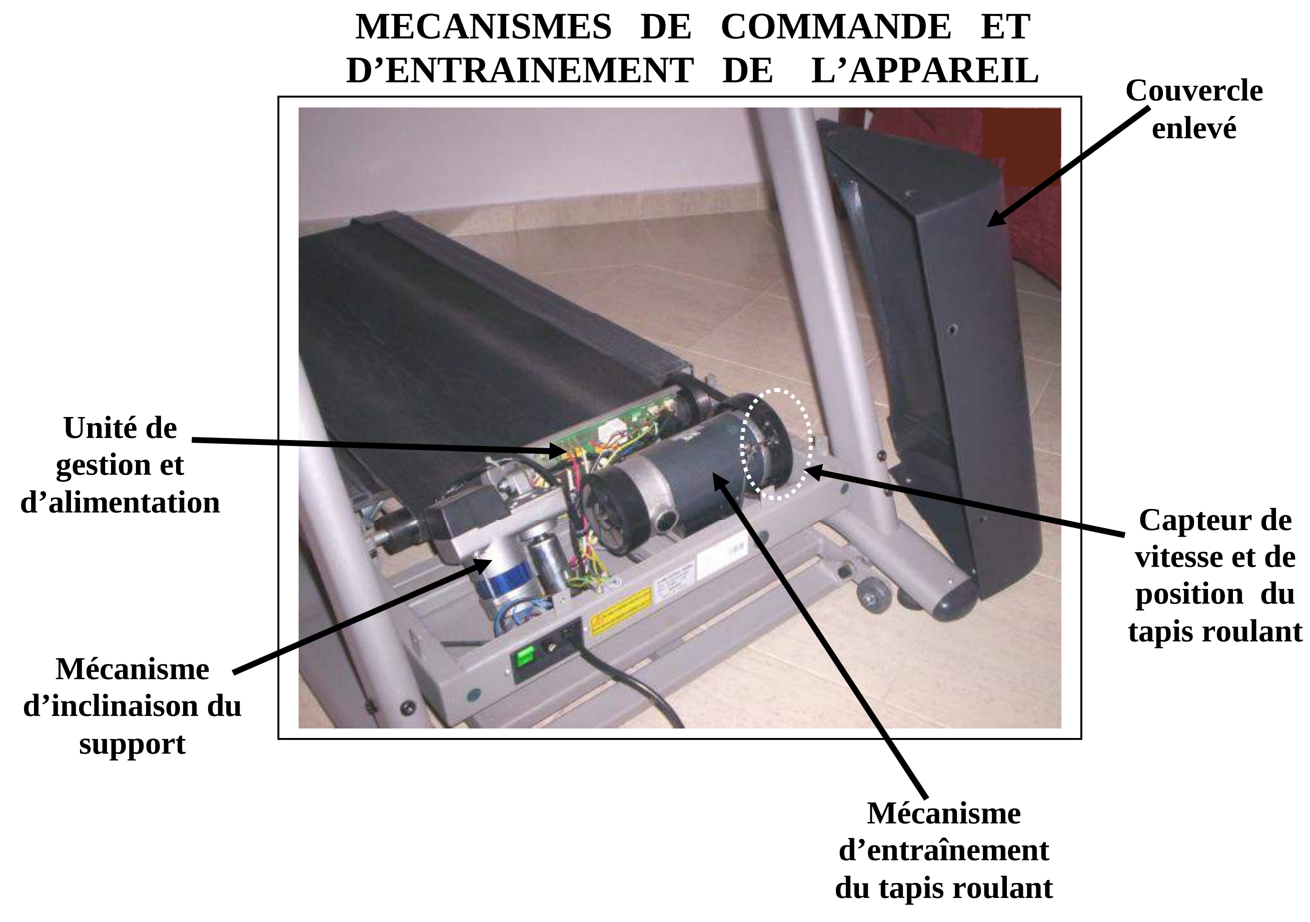
Afficheur 1 **: distance parcourue**	***Afficheur 3*** **: temps écoulé**	***Afficheur 5*** **: poux du coeur**
Afficheur 2 **: vitesse linéaire du tapis**	***Afficheur 4*** **: calories dépensées**	***Afficheur 6*** **: position d'inclinaison du support**

DOCUMENT-ANNEXE 2

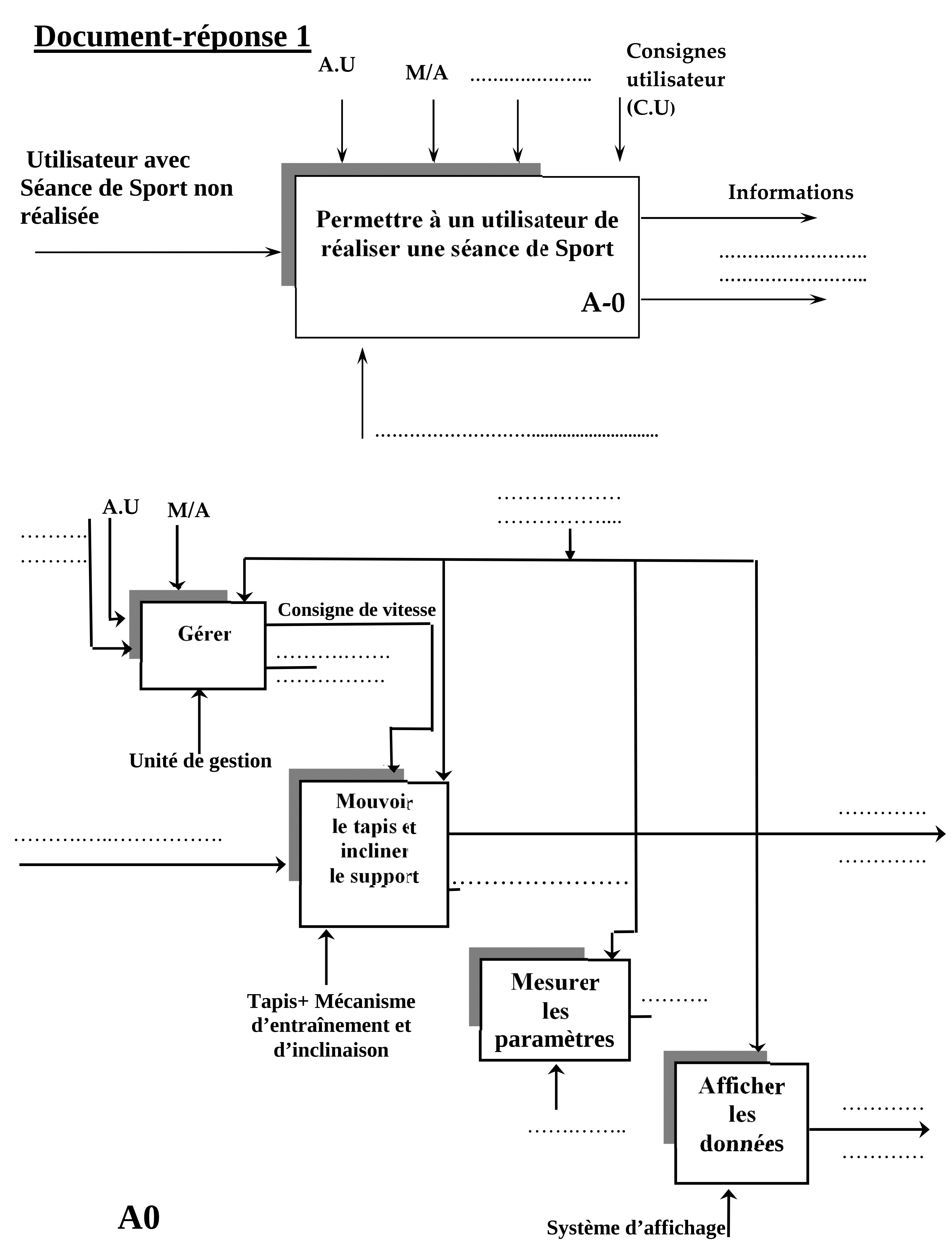
BRAS



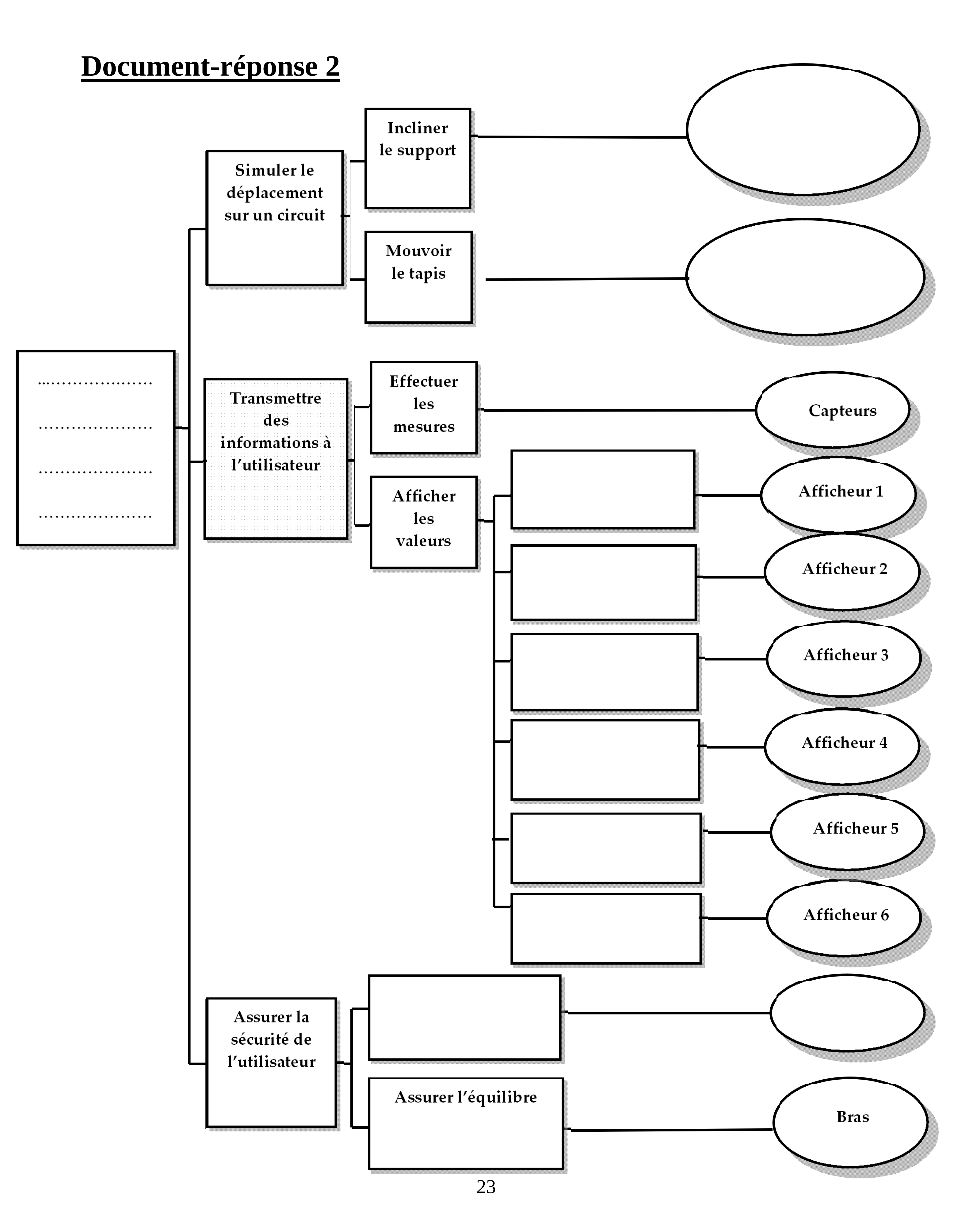
MECANISMES DE COMMANDE ET D'ENTRAINEMENT DE L'APPAREIL



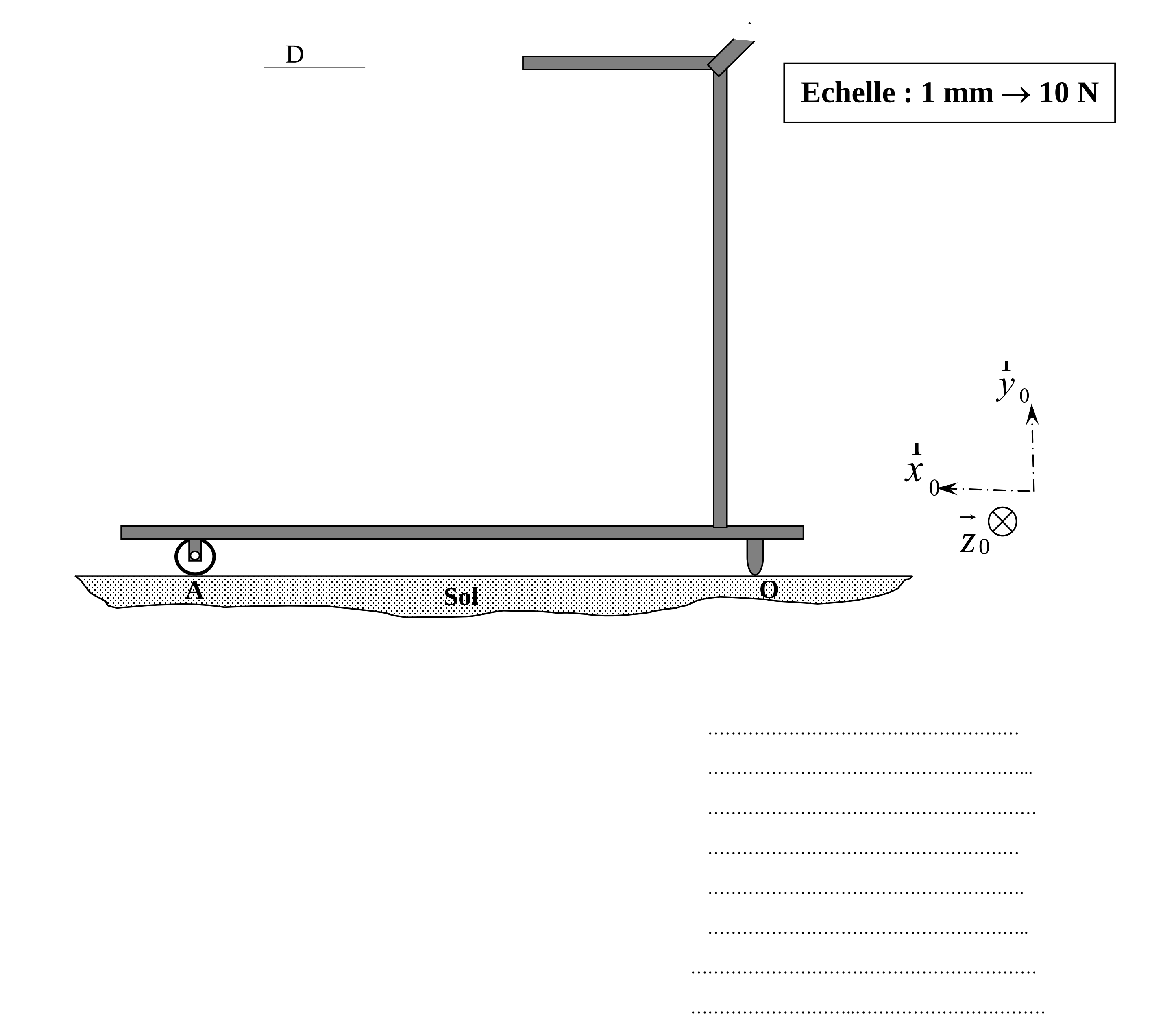
Document-réponse 1



Document-réponse 2



Document-réponse 3



$\|\vec{A}\|$ = …………..N ; $\|\vec{O}\|$ = …………..N ; **f** =………..

Document-réponse 4

a) ……

……

b) ……

……

c) ……

……

d)

……

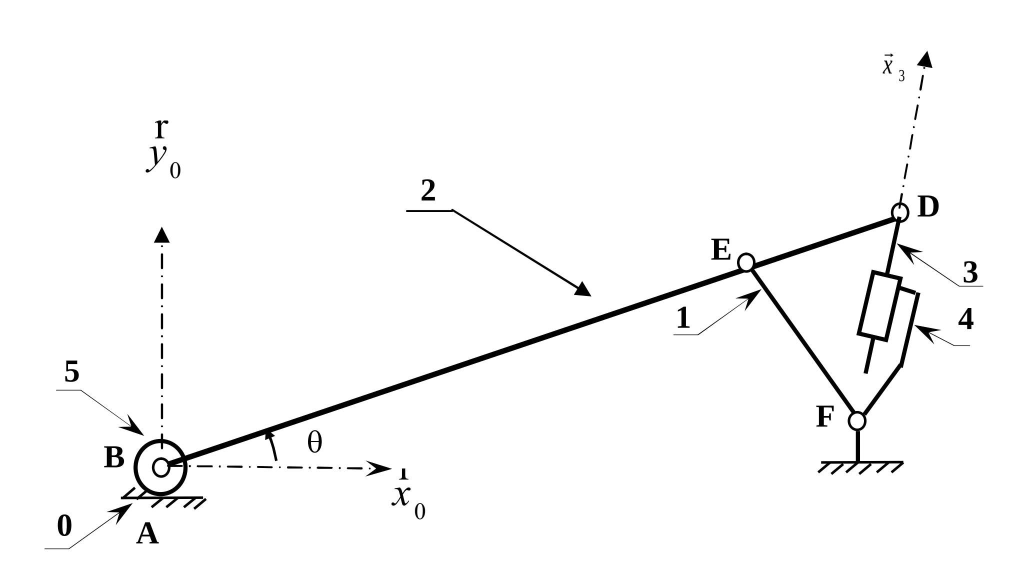
……

$\left\| \vec{V}_{(D \in 2/0)} \right\|$ = ………………mm.mn^{-1}

e) ……

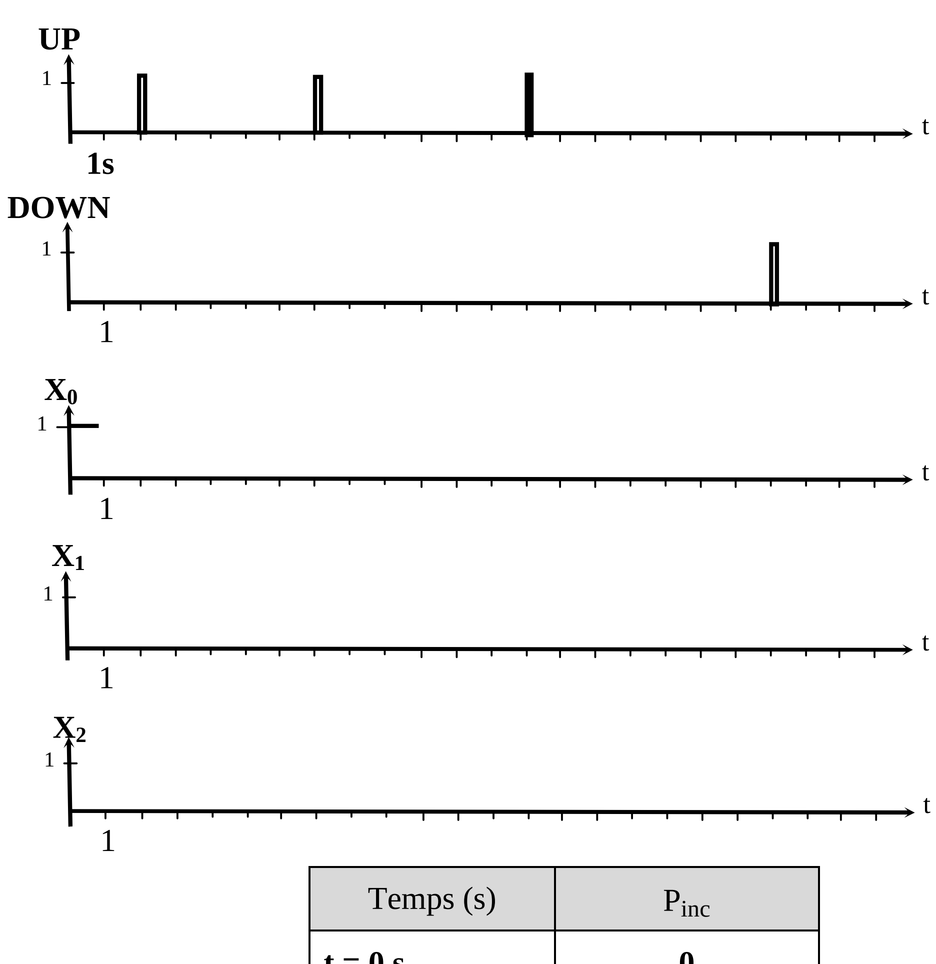
…………………………………………………………………… …………. $\left\| \vec{V}_{(B \in 2/0)} \right\|$ = …………….. mm.mn^{-1}

Echelle des vitesses : 2 cm → 10 mm.mn^{-1}

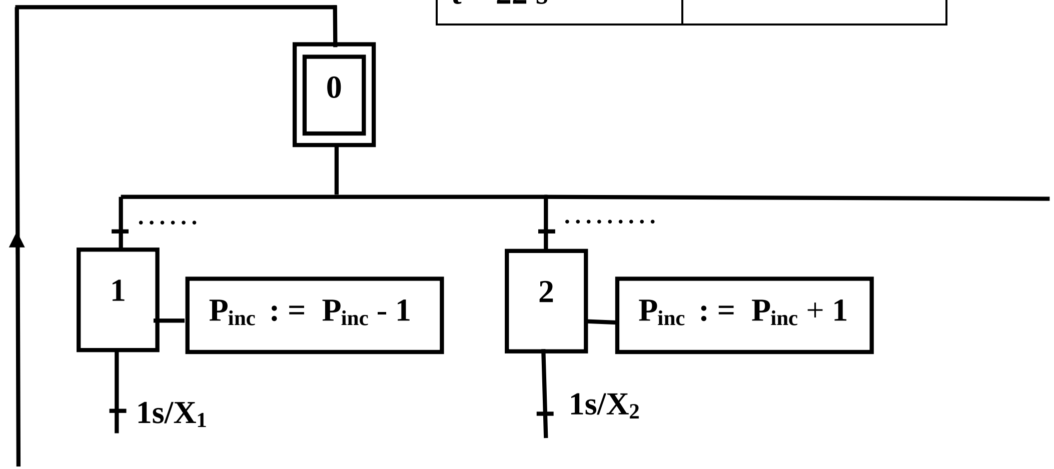


Document-réponse 5

La durée pendant laquelle les étapes **1** et **2** restent activent est de **1s** . La clé de sécurité est branchée : **AU=0**



Temps (s)	P_{inc}
t = 0 s	**0**
t = 4 s	…….
t = 9 s	…….
t = 15 s	…….
t = 22 s	…….



Document-réponse 6

$n_1 n_0$ / $n_3 n_2$	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

Tableau de Karnaugh du segment A

A=……………………………………………………

$n_1 n_0$ / $n_3 n_2$	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

Tableau de Karnaugh du segment E

E=…………………..…………………………..

V_C
U_C
$C_{(P)}$
U
E
I
C_m
F_T
C_r
Ω_m
Ω_T
V